



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 29 712 A1** 2004.01.15

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 29 712.6**  
(22) Anmeldetag: **02.07.2002**  
(43) Offenlegungstag: **15.01.2004**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **H01L 23/467**  
**H01L 25/04, H01S 5/024, B81B 1/00**

(71) Anmelder:  
**Jenoptik Laserdiode GmbH, 07745 Jena, DE**

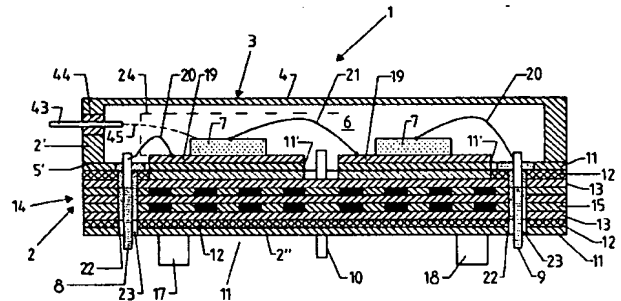
(74) Vertreter:  
**Patentanwälte Wasmeier, Graf, 93055 Regensburg**

(72) Erfinder:  
**Hennig, Geb. Kühne, Petra, 07646 Stadtroda, DE;**  
**Bonati, Guido, 83607 Holzkirchen, DE; Röllig,**  
**Ulrich, 07743 Jena, DE; Lorenzen, Dirk, 07743**  
**Jena, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Halbleitermodul**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein neuartiges Halbleitermodul mit wenigstens einem Halbleiterbauelement in Form einer Laserdiode oder Laserdiodenanordnung, wobei das Halbleiterbauelement einem Bereich eines Mehrschichtsubstrates vorgesehen ist, welches zumindest in einem Teilbereich als ein von einem Kühlmedium durchströmbarer Mikrokühler ausgebildet ist, und zwar mit Anschlüssen zum Zuführen und Abführen des Kühlmediums.



**Beschreibung**

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Halbleitermodul gemäß Oberbegriff Patentanspruch 1.

[0002] Bekannt ist es, bei Keramik-Metall-Substraten die für Leiterbahnen, Anschlüssen usw. benötigte Metallisierung auf einer Keramik, z.B. auf einer Aluminium-Oxid-Keramik mit Hilfe des sogenannten „DCB-Verfahrens“ (Direct-Copper-Bond-Technology) herzustellen, und zwar unter Verwendung von die Metallisierung bildenden Metall- bzw. Kupferfolien oder Metall- bzw. Kupferblechen, die an ihren Oberflächenseiten eine Schicht oder einen Überzug (Aufschmelzschicht) aus einer chemischen Verbindung aus dem Metall und einem reaktiven Gas, bevorzugt Sauerstoff aufweisen. Bei diesem beispielsweise in der US-PS 37 44 120 oder in der DE-PS 23 19 854 beschriebenen Verfahren bildet diese Schicht oder dieser Überzug (Aufschmelzschicht) ein Eutektikum mit einer Schmelztemperatur unter der Schmelztemperatur des Metalls (z.B. Kupfers), so daß durch Auflegen der Folie auf die Keramik und durch Erhitzen sämtlicher Schichten diese miteinander verbunden werden können, und zwar durch Aufschmelzen des Metalls bzw. Kupfers im wesentlichen nur im Bereich der Aufschmelzschicht bzw. Oxidschicht.

[0003] Dieses DCB-Verfahren weist dann z.B. folgende Verfahrensschritte auf:

- Oxidieren einer Kupferfolie derart, daß sich eine gleichmäßige Kupferoxidschicht ergibt;
- Auflegen des Kupferfolie auf die Keramikschicht;
- Erhitzen des Verbundes auf eine Prozeßtemperatur zwischen etwa 1025 bis 1083°C, z.B. auf ca. 1071°C;
- Abkühlen auf Raumtemperatur.

[0004] Bekannt ist weiterhin auch ein sogenannter Mikrokühler (DE 197 10 783 A1), der aus mehreren stapelartig übereinander angeordneten Metallplatten, beispielsweise Kupferplatten besteht, die mit Hilfe des DCB-Verfahrens flächig miteinander verbunden sind. Mit Ausnahme der äußeren Metallschichten sind die dazwischen liegenden Metallschichten jeweils strukturiert, d.h. mit einer Vielzahl von Öffnungen und diese umgebenden Stegen versehen, und zwar derart, daß sich in dem von diesen strukturierten Metallschichten gebildeten Bereich des Mikrokühlers durch die Öffnungen hindurch eine von einem Kühlmedium durchströmbare Mikrokühlerstruktur ergibt, die (Mikrokühlerstruktur) sich durch einen ständig dreidimensional verzweigenden Strömungsweg für das Kühlmedium auszeichnet.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Halbleitermodul in Form eines Halbleiterdiodenlaser-Moduls aufzuzeigen, welches bei hoher Betriebssicherheit eine optimale Kühlung für das verwendete Halbleiterbauelement (Laserdiode oder Laserdiodenbarren) gewährleistet.

[0006] Zur Lösung dieser Aufgabe ist ein Halbleiter-

modul entsprechend dem Patentanspruch 1 ausgebildet.

[0007] Das erfindungsgemäße Halbleitermodul zeichnet sich u. a. durch eine perfekte Trennung zwischen dem Bereich Kühlung, insbesondere zwischen der Mikrokühlerstruktur mit den Anschlüssen zum Zuführen und Abführen des Kühlmediums und demjenigen Bereich aus, an dem das wenigstens eine Halbleiterbauelement vorgesehen ist.

[0008] Durch die Verwendung der Mikrokühlerstruktur mit hoher Kühlleistung ist eine kleinvolumige und kompakte Ausbildung des Halbleitermoduls möglich. Insbesondere können großvolumige Wärmespreizer vermieden werden. Vielmehr ist die Montage des jeweiligen Halbleiterbauteils auf einer relativ dünnen Befestigungs- und Anschlußplatte an einem relativ dünnen, metallischen Montagebereich möglich, der preiswert durch eine strukturierte Metallschicht oder -folie realisierbar ist..

[0009] Durch den Mikrokühler läßt sich auch bei großflächiger Ausbildung des Kühlers bzw. des diesen Kühler bildenden Substrates, speziell auch bei mehreren auf diesem Substrat vorgesehenen Halbleiterbauelementen eine sehr gleichmäßige Kühlwirkung für sämtliche Bauelemente erreichen. Als Kühlmedium eignet sich bei dem erfindungsgemäßen Halbleitermodul übliches Wasser.

[0010] Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche. Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren an Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

[0011] **Fig. 1** in vereinfachter Darstellung und im Schnitt ein Halbleiterleistungsmodul gemäß der Erfindung;

[0012] **Fig. 2** eine Draufsicht auf die Oberseite des als Mikrokühler ausgeführten Mehrschichtsubstrats des Moduls der **Fig. 1**;

[0013] **Fig. 3** in Einzeldarstellung und in Draufsicht eine strukturierte Metall- oder Metallschicht des Mikrokühlers der **Fig. 1** und 2;

[0014] **Fig. 4** in vergrößerter Teildarstellung nochmals einen Schnitt durch die Schichten des Mikrokühlers der **Fig. 1**;

[0015] **Fig. 5** und 6 in Darstellungen ähnlich den **Fig. 1** und 2 eine weitere mögliche Ausführungsform des erfindungsgemäßen Moduls;

[0016] **Fig. 7** in einer Schnittdarstellung entsprechend **Fig. 1** eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Moduls;

[0017] **Fig. 8** und 9 in vergrößerter Detaildarstellung jeweils einen Schnitt durch den Mikrokühler im Bereich eines elektrischen Anschluß für die Halbleiterbauelemente bei weiteren möglichen Ausführungsformen der Erfindung;

[0018] **Fig. 10** in vergrößerter Darstellung eine Schraubbefestigung zum Befestigen einer Trag- und Anschlußplatte eines Halbleiterbauelementes bei dem erfindungsgemäßen Modul;

[0019] **Fig. 11** in einer Schnittdarstellung ähnlich **Fig. 1** eine weitere mögliche Ausführungsform des

erfindungsgemäßen Halbleitermoduls.

[0020] Das in der **Fig. 1** allgemein mit 1 bezeichnete Halbleitermodul besteht u. a. aus einem plattenförmigen Mehrschichtsubstrat oder Mikrokühler 2, aus einem an der Oberseite 2' des Mikrokühlers 2 vorgesehenen napfartigen Gehäuse 3, welches einen parallel oder in etwa parallel zum Mikrokühler 2 angeordneten und von diesem beabstandeten Gehäuseboden 4 und eine Gehäusewand 5 aufweist. Mit dieser bzw. mit dem freien Rand 5' ist das Gehäuse 3 dicht mit der Oberseite des Mikrokühlers 2 verbunden ist, so daß ein von dem Gehäuseboden 4, dem Rand 5 und der Oberseite 2' begrenzter, nach außen hin hermetisch abgeschlossener Gehäuseinnenraum 6 gebildet ist. In diesem Gehäuseinnenraum 6 sind bei dem Halbleitermodul 1 zwei Leistungs-Halbleiterbauelemente 7 vorgesehen, und zwar in Form von Laserdiodenbarren mit jeweils mehreren aktiven Bereichen oder Laserdioden.

[0021] Für die Strom- bzw. Spannungsversorgung der Halbleiterbauelemente 7, die bei der dargestellten Ausführungsform in Serie geschaltet sind, sind zwei elektrische Anschlüsse 8 und 9 vorgesehen, die isoliert durch den Mikrokühler 2 hindurchgeführt sind und über die dem Gehäuse 3 abgewandte Unterseite 2'' des Mikrokühlers 2 herausgeführt sind. Die Unterseite 2'' bildet auch die Unterseite 10 des Halbleitermoduls 1. Mit 10 ist ein weiterer, ebenfalls elektrisch isoliert durch den Mikrokühler 2 hindurchgeführter Anschluß angedeutet, der z. B. ein Meßkontakt ist.

[0022] Der Mikrokühler 2 ist mehrschichtig aufgebaut, d. h. er besteht aus einer Vielzahl von Schichten. Hinsichtlich der Art und Anordnung dieser Schichten ist der Mikrokühler 2 bei dieser Ausführungsform symmetrisch zu einer gedachten Mittelebene M ausgebildet, die parallel zu der Oberseite 2' und der Unterseite 2'' liegt. In diesem Sinne weist der Mikrokühler 2 bei der dargestellten Ausführungsform ausgehend von der Oberseite 2', aber auch ausgehend von der Unterseite 2'' jeweils eine äußere Metallschicht 11, daran anschließend eine Keramikschicht 12 und daran anschließend eine weitere Metallschicht 13 auf. Zwischen den Metallschichten 13 an der Oberseite 2' bzw. Unterseite 2'' ist der von einem Kühlmedium, vorzugsweise von einem flüssigen Kühlmedium, z. B. von Wasser durchströmte Bereich 14 (Mikrokühlerstruktur) des Mikrokühlers 2 gebildet. Dieser Bereich besteht aus mehreren strukturierten Metallschichten 15 (hierzu auch **Fig. 3**), die durch ihre Strukturierung dreidimensional sich verzweigende Kanäle für das Kühlmedium bilden. Die Strukturierung der Metallschichten 15 ist weiterhin so gewählt, daß diese Metallschichten 15 durchgehende, vom Kühlmedium ebenfalls umströmte Pfosten 16 (**Fig. 4**) zwischen den innen liegenden Metallschichten 13 bilden, wie diese mit 16 in der **Fig. 4** angedeutet ist. Zur Strukturierung der Metallschichten 15 eignen sich unterschiedlichste Verfahren, u. a. Ätzverfahren, Laserschneiden, Wasserstrahlschneiden, Stanzen usw.

[0023] Die Metallschichten 11, 13 und 15 weisen bei

der dargestellten Ausführungsform jeweils die gleiche Dicke auf. An der Unterseite 2'' sind zwei Anschlüsse 17 und 18 vorgesehen, und zwar zum Zuführen und zum Abführen des Kühlmediums in den Bereich 14 bzw. aus diesem Bereich. Die einzelnen Schichten 11, 12, 13 und 15 sind mit Hilfe der DCB-Technik vollflächig miteinander verbunden.

[0024] Ein derartiger Mikrokühler weist bei geringem Bauvolumen eine extrem hohe Kühlleistung auf, zumal die innere, vom Kühlmedium umströmte Kühlfläche des Bereichs 14 um ein Vielfaches größer ist als die äußere Kühlfläche, d. h. die an der Oberseite 2' gebildete Kühlfläche zum Kühlen der Halbleiterbauelemente 7. Durch die Pfosten 16 weist der Mikrokühler 2 eine hohe Stabilität gegen ein Verwölben seiner Oberseite 2' auf, insbesondere auch bei Temperaturänderungen und/oder Druckänderungen im Mikrokühler 2. Durch den in Bezug auf die Mittelebene M symmetrischen Aufbau des Mikrokühlers 2 ist weiterhin wirksam verhindert, daß sich dieser Mikrokühler bei Temperaturschwankungen insgesamt verformt bzw. verwölbt (Bimetall-Effekt). Diese thermische Festigkeit wird auch durch das Gehäuse 3 noch verstärkt.

[0025] Wie die **Fig. 2** zeigt, ist die Metallschicht 11 an der Oberseite 2' so strukturiert, daß dort zwei Inseln oder Montagebereiche 11' gebildet sind, die bei der dargestellten Ausführungsform eine quadratische Formgebung aufweisen und elektrisch voneinander sowie auch von dem Rest dieser Metallschicht 11 getrennt sind. Auf jedem Bereich 11' ist eine Trag- oder Anschlußplatte 19 aus einem elektrisch leitenden Material, beispielsweise aus Kupfer befestigt, auf der dann auch das jeweilige Halbleiterbauelement 7 in geeigneter Weise, beispielsweise durch Auflöten befestigt ist. Die Tragplatte 19 besitzt einen Zuschnitt, dessen Abmessungen gleich oder geringfügig kleiner sind als die Abmessungen des Bereichs 11. Über Draht-Bonds oder andere interne Anschlüsse 20 und 21 sind die Halbleiterbauelemente 7 mit den äußeren Anschlüssen 8 bzw. 9 sowie auch miteinander verbunden.

[0026] Für die elektrisch isolierte Durchführung der aus elektrisch leitendem Material bestehenden Anschlüsse 8–10 sind im Mikrokühler 2 bzw. in dessen Schichten 11–13 und 15 sich deckende Bohrungen 22 vorgesehen, in jede Bohrung 22 ist ein hülsenförmiger Einsatz 23 aus einem elektrisch isolierenden Material beispielsweise Keramik eingesetzt und in geeigneter Weise befestigt, in dem dann auch der jeweilige Anschluß 8–10 so gehalten ist, daß jeder Anschluß über die Oberseite 2' und die Unterseite 2'' vorsteht. Die Bohrungen 22 sind außerhalb der Strukturierung bzw. Öffnungen in den Metallschichten 15 vorgesehen. Die Befestigung der Einsätze 23 im Mikrokühler 2 erfolgt beispielsweise ebenfalls mit Hilfe der DCB-Technik oder aber auf andere, geeignete Weise.

[0027] Für den Lichtaustritt des von den als Laserdioden ausgeführten Halbleiterbauelementen 7 austre-

tenden Laserlicht ist in der Gehäusewand 5 ein Fenster 24 vorgesehen, dessen Fensteröffnung durch ein Glas verschlossen ist, so daß zwar ein Lichtaustritt möglich, aber der Gebäudeinnenraum 6 aber auch im Bereich des Fensters 24 hermetisch verschlossen ist.

[0028] Das Gehäuse 3 ist beispielsweise ebenfalls aus Metall gefertigt. Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit, dieses Gehäuse aus einem temperaturbeständigen Kunststoff, vorzugsweise mit einer Beschichtung aus Metall zu fertigen. Auch die Herstellung aus Keramik ist denkbar. Die Verbindung zwischen dem Gehäuse 3 und dem Mikrokühler 2 kann auf unterschiedlichste Weise realisiert werden, beispielsweise durch Schweißen, Löten sowie Kleben.

[0029] Wesentliche Vorteile des Halbleitermoduls 1 sind u. a.:

- Kleinvolumige Bauform bei optimaler Kühlung durch den Mikrokühler 2, wobei insbesondere auch große bzw. großvolumige Wärmespreizer vermieden sind;
- extrem niedriger Wärmeleitwiderstand zwischen den zu kühlenden Halbleiterbauelementen 7 und dem Mikrokühler 2 sowie innerhalb dieses Kühlers, insbesondere auch durch die Verwendung der DCB-Technik, so daß niedrige Arbeitstemperaturen der Halbleiterbauelemente 7 erreicht werden;
- Möglichkeit einer dichten Anordnung der Halbleiterbauelemente 7 durch gleichmäßige und wirksame Kühlung;
- stabile Arbeitstemperatur für die Halbleiterbauelemente 7 durch effektive Kühlung;
- vollständige Trennung der Halbleiterbauelemente 7 bzw. des Gehäuseinnenraumes 6 insbesondere durch durchgehende Schichten 11–13 von der Mikrokühlerstruktur und der an der Unterseite 2' vorgesehenen Zufuhr und Abfuhr des Kühlmediums (Anschlüsse 17 und 18);
- hermetischer, insbesondere auch gasdichter Abschluß des Halbleiterbauelemente 7 enthaltenden Gehäuseinnenraumes 6;
- Potentialfreiheit des Gehäuses 3 und des Mikrokühlers 2 insbesondere auch durch die isolierte Durchführung der Anschlüsse 8–10 sowie durch die Anordnung der Halbleiterbauelemente 7 bzw. deren Tragplatten 19 auf den isolierten Bereichen 11', so daß insbesondere eine Serienschaltung der Halbleiterbauelemente 7 möglich ist.

[0030] Die Fig. 5 und 6 zeigen in Darstellungen ähnlich den Fig. 1 und 2 als weitere mögliche Ausführungsform der Erfindung ein Halbleitermodul 1a, welches sich von dem Halbleitermodul 1 im wesentlichen dadurch unterscheidet, daß anstelle des Mikrokühlers 2 der Mikrokühler 2a vorgesehen ist, und zwar bestehend aus den Metallschichten 13 und 15, die wiederum mit Hilfe der DCB-Technik miteinander flächig verbunden sind. Die Oberseite 2a' des Mikrokühlers 2a ist von der den Schichten 15 abgewandten

Oberflächenseite der oberen Schicht 13 gebildet, die Unterseite 2a'' von der den Schichten 15 abgewandten Oberflächenseite der unteren Schicht 13.

[0031] Auf der Oberseite 2a' sind mehrere den Bereichen 11' entsprechende Montagebereiche 11a' vorgesehen, und zwar jeweils durch eine Keramikschicht 12a elektrisch von der darunter liegenden Schicht 13 getrennt. Die Keramikschichten 12a besitzen bei der dargestellten Ausführungsform in Draufsicht den gleichen Zuschnitt wie der zugehörige, von einer Metallschicht, beispielsweise Metallschicht gebildete Bereich 11a', wobei die Abmessungen der Keramikschichten 12a allerdings etwas größer sind als die Abmessungen des zugehörigen Bereichs 11a'. Die Verbindung der Keramikschichten 12a mit der die Oberseite 2a bildenden Metallschicht 13 sowie die Verbindung des jeweiligen Bereichs 11a' mit der zugehörigen Keramikschicht 12a sind wiederum mit Hilfe der Direct-Bonding-Technik realisiert. Aus Gründen der Symmetrie, d. h. zur Erhöhung der Stabilität gegen unerwünschtes Verwölben des Mikrokühlers 2a bei Temperaturänderungen (Bimetalleffekt) können auch bei diesem Mikrokühler auf der unteren Metallschicht 13 noch weitere Schichten vorgesehen sein, und zwar eine Keramikschicht und auf dieser die weitere Metallschicht, die dann bei dieser Ausführung die Unterseite des Mikrokühlers 2a bildet.

[0032] Die beiden Halbleiterbauelemente 7, die wiederum Laserdiodenbarren sind, sind jeweils mit ihrer Tragplatte 19 auf dem zugehörigen Bereich 11a' in geeigneter Weise befestigt und mit den Drahtbonds oder anderen Inneren Anschlüssen 20 bzw. 21 mit den äußeren Anschlüssen 8 und 9 sowie untereinander zu einer Serienschaltung verbunden.

[0033] Die Fig. 7 zeigt als weitere mögliche Ausführungsform ein Halbleitermodul 1b, welches sich von dem Halbleitermodul 1a der Fig. 4 und 5 im wesentlichen nur dadurch unterscheidet, daß die jeweilige Trag- und Anschlußplatte 19 nicht direkt auf dem zugehörigen Bereich 11a' befestigt ist, sondern daß zwischen der Tragplatte 19 und dem Bereich 11a' eine Peltier-Anordnung 25 vorgesehen ist, die zumindest ein Peltier-Element aufweist. Die zusätzlichen Anschlüsse 10, die bei der Darstellung der Fig. 7 hintereinander angeordnet sind und von denen daher nur einer sichtbar ist, dienen zur elektrischen Versorgung der Peltier-Anordnungen 25. Die Polarität der Peltier-Elemente ist so gewählt, daß diese als Wärmesenke für die jeweilige Tragplatte 19 wirken und die von der jeweiligen Tragplatte 19 bzw. dem jeweiligen Halbleiterbauelement 7 abgegebene Verlustwärme an den Mikrokühler 2a weiterleiten. Durch die Peltier-Anordnungen 25 wird nicht nur eine verbesserte Kühlwirkung erreicht, sondern mit diesen Elementen ist es insbesondere auch möglich, die Arbeitstemperatur der Halbleiterbauelemente 7 durch eine weitestgehend verzögerungsfreie Regelung exakt auf einem vorgegebenen Wert zu halten, und zwar für die Abgabe von Laserlicht mit einem konstanten

Spektrum.

[0034] Die **Fig. 8** zeigt in vergrößerter Teildarstellung nochmals eine Durchführung bzw. einen Anschluß **26**, wie er anstelle der Anschlüsse **8–10** verwendet werden kann. Der Anschluß **26** besteht im wesentlichen aus einem Anschlußbolzen **27** aus einem elektrisch gut leitenden Material, beispielsweise aus Kupfer. Dieser Bolzen besitzt einen Abschnitt **27'** mit größerem Durchmesser und einen achsgleich mit dem Abschnitt **27'** angeordneten Abschnitt **27''** mit kleinerem Durchmesser.

[0035] Mit dem Abschnitt **27'**, der an seinem freien Ende eine axiale Bohrung **28** mit einem Innengewinde aufweist und an dem über eine Schraubverbindung ein äußeres Anschlußkabel angeschlossen werden kann, bildet den über die Unterseite **2''** vorstehenden Teil des elektrischen Anschlusses **26**. Mit dem Abschnitt **27''** ist der Anschlußbolzen **27** durch den Mikrokühler **2** hindurchgeführt und steht über die Oberseite **2'** dieses Kühlers in den Gehäuseinnenraum **6** vor. Die die Unterseite **2''** bildende Metallschicht, beispielsweise Metallschicht **11** ist so strukturiert, daß sie im Bereich des Anschlusses **26** einen von dem übrigen Teil der Metallschicht **11** elektrisch getrennten Bereich **11''** bildet. In gleicher Weise ist auch die Metallschicht **11** an der Oberseite **2'** des Mikrokühlers **2** strukturiert, d. h. auch dort ist ein Bereich **11'''** gebildet, der elektrisch von dem übrigen Teil der Metallschicht **11** getrennt ist. Bei der dargestellten Ausführungsform sind die Bereiche **11''** und **11'''** kreisförmig ausgeführt.

[0036] Jeder Bereich **11''** und **11'''** ist ebenso wie die sich anschließende Keramikschicht **12** mit einer Bohrung **29** bzw. **30** versehen. Die deckungsgleich angeordneten Bohrungen **29** und **30** besitzen jeweils den gleichen Durchmesser, der dem Außendurchmesser des Abschnittes **27''** entspricht. In den anschließenden Schichten **13** und **15**, die den aktiven Bereich **14** des Mikrokühlers **2** bilden, ist eine durchgehende Bohrung **31** vorgesehen, und zwar mit einem Durchmesser größer als der Außendurchmesser des Abschnittes **27''**. Der den Abschnitt **27''** innerhalb der Bohrung **31** umgebende Ringraum ist von einer den Abschnitt **27''** umschließenden Hülse **32** aus einem elektrisch isolierenden Material, beispielsweise aus Keramik oder Kunststoff ausgefüllt.

[0037] An dem zwischen den Abschnitten **27'** und **27''** gebildeten Absatz ist der Anschlußbolzen **27** mit dem Bereich **11''** verbunden, beispielsweise durch Lötens, durch Direct-Bonden oder auf andere geeignete Weise. Ebenso ist der Bolzenabschnitt mit dem Bereich **11'''** durch Verlöten verbunden.

[0038] Die **Fig. 9** zeigt als weitere mögliche Ausführungsform einen elektrischen Anschluß **26a**, der ebenso wie der Anschluß **26** beispielsweise bei dem Halbleitermodul **1** anstelle der Anschlüsse **8–10** verwendbar ist und der sich vom Anschluß **26** dadurch unterscheidet, daß anstelle des Anschlußbolzens **27** ein Anschlußbolzen **27a** verwendet ist, der insgesamt drei Abschnitte aufweist, und zwar einen in der

**Fig. 9** oberen Abschnitt **27a'**, der über die Oberseite **2'** des Mikrokühlers **2** in den Gehäuseinnenraum **6** vorsteht, daran anschließend den Abschnitt **27a''** mit einem vergrößerten Durchmesser, der (Abschnitt) gegen die Oberseite des Bereichs **11'''** anliegt und mit diesem beispielsweise durch Lötens oder Direct-Bonden oder auf andere geeignete Weise verbunden ist, sowie aus dem Abschnitt **27a'''**, der durch den Mikrokühler hindurchgeführt ist und über die Unterseite **2''** des Mikrokühlers vorsteht.

[0039] Der Anschluß **26a** hat gegenüber dem Anschluß **26** den Vorteil, daß mit der Verbindung des Bolzenabschnitts **27a''** mit dem Bereich **11'''** eine Abdichtung der Durchführung des Anschlußbolzens **27a** unmittelbar in der Ebene erfolgt, die auch die Trennebene zwischen dem Gehäuseinnenraum **6** und der Kühlung liegt und daß eine zweite Verbindung des Bolzens **27a** mit dem Bereich **11''** nicht notwendig ist.

[0040] Die in den **Fig. 8** und **9** dargestellten Anschlüsse **26** und **26a** ermöglichen auch eine direkte Verbindung zu den Anschluß- und Montagebereichen **11'** bzw. **11a'** ohne die Notwendigkeit eines inneren Anschlusses **20**, und zwar dadurch, daß der Bereich **11'''** Teil des Bereichs **11'** bzw. **11a'** oder aber bei entsprechender Strukturierung der Metallschicht **11** Teil eines mit dem Bereich **11'** verbundenen Leiters ist.

[0041] Bei den Anschlüssen **26** und **26a** ist es weiterhin auch möglich, auf die dortigen Hülsen **32** zu verzichten.

[0042] Aus Fertigungsgründen kann es zweckmäßig sein, die auf ihrer jeweiligen Anschluß- und Tragplatte **19** montierten Halbleiterbauelemente **7** durch eine Schraubbefestigung auf dem Bereich **11'** bzw. **11a'** zu befestigen. Diese Befestigung muß dann aber in der Weise ausgebildet sein, daß trotz einer ausreichenden Anpreßkraft der jeweiligen Platte **19** gegen den Bereich **11'** bzw. **11a'** über die verwendeten Befestigungselemente (z.B. Schrauben) und die zugehörigen Gewinde keine elektrische Verbindung zu den Metallschichten des Mikrokühlers **2** bzw. **2a** besteht.

[0043] Die **Fig. 10** zeigt eine mögliche Ausführung für eine Schraubverbindung. Wesentlicher Bestandteil dieser Verbindung ist ein Muttergewindestück **33** aus einem elektrisch isolierenden Material, vorzugsweise aus Keramik. Das Muttergewindestück **33** ist in einer als Sackbohrung ausgebildeten Ausnehmung **34** angeordnet, die (Ausnehmung) in einigen Schichten **15** ausgebildet ist, die auf die obere Schicht **13** des Mikrokühlers **2** bzw. **2a** folgen. Das Muttergewindestück **33** liegt mit der Achse seines Innengewindes senkrecht zur Ober- bzw. Unterseite des Mikrokühlers. Achsgleich mit der Achse des Muttergewindestücks **33** sind in der Metallschicht **13**, der darüber liegenden Keramikschicht **12** und dem darüber liegenden Abschnitt **11'** bzw. **11a'** der Metallschicht **11** Bohrungen **35**, **36** und **37** vorgesehen. Die Bohrungen **35** und **37** weisen einen größeren Durchmesser als die Bohrung **36** auf, der Durchmesser sämtlicher

Bohrungen 35–37 ist aber kleiner als der Außendurchmesser des Muttergewindestücks 33 und größer ist als der Durchmesser der Gewindebohrung 33' dieses Muttergewindestücks.

[0044] Wie dargestellt, ist der Außendurchmesser des Muttergewindestücks 33 kleiner als der Durchmesser der Ausnehmung 34. Weiterhin ist auch die axiale Länge des Muttergewindestücks 33 kleiner als die Tiefe der Ausnehmung 34, so daß das gegen die Unterseite der Metallschicht 13 mit einer Stirnseite anliegende und dort beispielsweise durch Direct-Bonden fixierte Muttergewindestück 33 sowohl von der Umfangswand der Ausnehmung 34, als auch von dem Boden dieser Ausnehmung beabstandet ist.

[0045] Angedeutet ist in der Fig. 10 auch eine Befestigungsschraube 38, mit der die jeweilige Tragplatte 19 auf dem Bereich 11' bzw. 11a' befestigt ist. Die Schraube 38 greift mit ihrem Schaft in das Gewinde 33' ein und liegt mit ihrem Kopf gegen die Oberseite der Platte 19 an.

[0046] Die Fig. 11 zeigt als weitere mögliche Ausführungsform ein Halbleitermodul 1c, welches sich von den Halbleitermodulen 1–1b dadurch unterscheidet, daß keine durch den Mikrokühler 2 hindurchgeführte Anschlüsse 8–10 bzw. 26 oder 26a vorgesehen sind, sondern Anschlüsse 39 an der Oberseite des Halbleitermoduls 1c bzw. des Mikrokühlers 2. Bei dieser Ausführungsform ist der Mikrokühler 2c, der in seinem Aufbau im wesentlichen dem Mikrokühler 2 entspricht, so ausgeführt, daß er an wenigstens zwei einander gegenüberliegenden Seiten über das Gehäuse 3 vorsteht. Die Metallschicht 11 ist so strukturiert, daß sie Leiterbahnen 11"" bildet, die bis an den Rand des Mikrokühlers reichen, und zwar dort, wo dieser Mikrokühler über das Gehäuse 3 seitlich wegsteht. Auf der Metallschicht 11 ist eine weitere Keramikschicht 40 und auf dieser eine weitere Metallschicht 41 vorgesehen. Die Metallschicht 41, mit der das Gehäuse 3 mit dem freien Rand der Gehäuseumfangswandung 5 dicht verbunden ist, bildet durch entsprechende Strukturierung einerseits Bereiche 41', die von ihrer Funktion den Bereichen 11' entsprechen, und andererseits Kontaktflächen 41'', die über die Drahtbonds oder interne Verbindungen 20 mit den Bauelementen 7 oder deren Anschluß- und Tragplatten 19 verbunden sind. Durch Durchkontaktierungen 42 sind die Bereiche 41 jeweils mit einem Leiter 11"" verbunden, der seinerseits außerhalb des Gehäuses 3 mit einem der stiftförmigen Anschlüsse 39 verbunden ist, die über die Oberseite 2c' des Mikrokühlers 2c wegstehen. Die Bereiche 41' und 41'' sind wiederum durch entsprechende Strukturierung der Metallschicht 41 von dem restlichen Teil dieser Metallschicht elektrisch isoliert.

[0047] Als Keramikmaterialien eignen sich bei der Erfindung allgemein  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{AlN}$ ,  $\text{BeO}$ ,  $\text{CBN}$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$  und  $\text{SiC}$ .

[0048] Als Metall für die Metallschichten eignet sich Kupfer und Kupferlegierungen, beispielsweise Kupferwolfram sowie Aluminium und Aluminiumlegierungen.

gen.

[0049] Die Dicke der Schichten 13 und 15 liegt beispielsweise in der Größenordnung zwischen 200 bis 1000  $\mu\text{m}$ . Die übrigen Schichten besitzen beispielsweise eine Dicke von 200 bis 600  $\mu\text{m}$ , wobei die Dicke der Trag- oder Kontaktplatten 19 beispielsweise wesentlich größer ist als die Dicke der zugehörigen Kontaktbereiche 11', 11a' bzw. 41'.

[0050] Die Erfindung wurde voranstehend an verschiedenen Ausführungsbeispielen beschrieben. Es versteht sich, daß zahlreiche weitere Änderungen sowie Abwandlungen möglich sind, ohne daß dadurch der der Erfindung zugrundeliegende Erfindungsgedanke verlassen wird.

[0051] So ist es beispielsweise möglich, am Gehäuse 3 eine oder mehrere als isolierte Durchführungen ausgebildete Anschlüsse vorzusehen, wie dies beispielsweise in der

[0052] Fig. 1 für den dortigen Anschluß 43 gezeigt ist, der unter Verwendung einer aus Glas bestehenden Isolierung 44 durch die Gehäusewand 5 hindurchgeführt ist. Der Anschluß 43 dient beispielsweise als Logikanschluß oder als Anschluß für Steuersignale und ist im Gehäuseinnenraum über eine Verbindung 45 mit einem Halbleiterbauelement 7, beispielsweise mit einem Steueranschluß oder Gate dieses Bauelementes verbunden. Bei dieser Ausführung ist das Gehäuse 3 bevorzugt zweiteilig ausgebildet, und zwar bestehend aus der rahmenartigen Gehäuseumfangswand 5 und dem Gehäuseboden 4, der in geeigneter Weise, beispielsweise durch Rollschweißen dicht mit der Gehäusewand 5 verbunden ist.

#### Bezugszeichenliste

1, 1a, 1b, 1c	Halbleitermodul
2, 2a, 2c	Mikrokühler
2', 2a', 2c'	Mikrokühleroberseite
2'', 2a'', 2c''	Mikrokühlerunterseite
3	Gehäuse
4	Gehäuseboden
5	Gehäuseumfangswand
5'	Gehäuserand
6	Gehäuseinnenraum
7	Halbleiterbauelement bzw. Laserdiode
8–10	interne elektrische Verbindung
11	Metallschicht
11', 11'', 11'''	Bereich
11''''	Anschluß-Leiterbahn
11a'	Bereich
12, 12a	Keramikschicht
13	Metallschicht
14	Strukturierter Bereich des Mikrokühlers
15	Strukturierte Metallschicht
16	Pfosten
17, 18	Anschluß für Kühlmediumvorlauf und -rücklauf

19	Halte- und Anschlußplatte
20/21	interne Verbindung
22	Bohrung
23	Einsatz aus isolierendem Material, beispielsweise Keramik
24	Austrittsfenster für Laserlicht
25	Peltieranordnung
26, 26a	elektrischer Anschluß
27, 27a	Anschlußbolzen
27', 27'', 27a'	Bolzenabschnitt
27a'', 27a'''	Bolzenabschnitt
28	Gewindebohrung
29-31	Bohrung
32	Hülse
33	Muttergewindestück aus isolierendem Material, vorzugsweise Keramik
33'	Gewindebohrung
34	Ausnehmung
35-37	Bohrung
38	Befestigungsschraube
39	Anschlußbolzen
40	Keramikschiicht
41	Metallschicht
41', 41''	Bereich
42	Durchkontaktierung
43	Anschluß
44	isolierte Durchführung für Anschluß
45	interne Verbindung

#### Patentansprüche

1. Halbleitermodul mit wenigstens einem Halbleiterbauelement (7) in Form einer Laserdiode oder Laserdiodenanordnung, wobei das Halbleiterbauelement (7) auf einem Bereich (11', 11a', 41') eines Mehrschichtsubstrates (2, 2a, 2c) vorgesehen ist, welches zumindest in einem Teilbereich als ein von einem Kühlmedium durchströmbarer Mikrokühler ausgebildet ist, und zwar mit Anschlüssen (17, 18) zum Zuführen und Abführen des Kühlmediums, **dadurch gekennzeichnet**, daß das wenigstens eine Halbleiterbauelement (7) in einem von den Kühlmediumanschlüssen (17, 18) getrennten und hermetisch verschließbaren Raum untergebracht ist.

2. Halbleitermodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Mehrschichtsubstrat bezüglich der Schichten und der für diese Schichten verwendeten Materialien symmetrisch zu einer parallel zu den Oberflächenseiten des Substrats verlaufenden Mittelebene (M) ausgebildet ist.

3. Halbleitermodul nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das wenigstens eine Halbleiterbauelement (7) im Innenraum (6) eines Gehäuses (3) angeordnet ist, und daß das Gehäuse (3) mit einer den Gehäuseinnenraum (4) begrenzenden Gehäusewand (5) dicht mit einer die Oberseite (2',

2a', 2c') des Mehrschichtsubstrates bzw. des Mikrokühlers (2, 2a, 2c) verbunden ist.

4. Halbleitermodul nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die die Oberseite des Mehrschichtsubstrates (2, 2a, 2c) bildende Schicht eine Metallschicht (11, 41) ist.

5. Halbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an der Oberseite (2', 2a', 2c') des Mehrschichtsubstrates wenigstens ein metallischer Bereich (11', 11a', 41') im Gehäuseinnenraum (6) gebildet ist, an welchem das wenigstens eine Halbleiterbauelement (7) vorgesehen ist und welcher über eine Keramikschiicht (12, 12a) elektrisch von weiteren Schichten des Mehrschichtsubstrates (2, 2a, 2c) getrennt ist.

6. Halbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Halbleiterbauelement (7) auf einer Anschluß- und/oder Tragplatte (19) montiert ist, und daß die Tragplatte (19) an dem Montagebereich (11', 11a', 41') flächig anliegend befestigt ist.

7. Halbleitermodul nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Befestigung durch in das Mehrschichtsubstrat (2, 2a, 2c) eingreifende mechanische Befestigungsmittel, beispielsweise Bolzen oder Schrauben erfolgt ist, und zwar elektrisch gegenüber anderen Bereichen oder Teilen des Mehrschichtsubstrates isoliert.

8. Halbleitermodul nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß im Mehrschichtsubstrat (2, 2a, 2c) ein Verankerungselement, beispielsweise in Form eines Muttergewindestücks (3) aus einem elektrisch isolierenden Material, beispielsweise aus Keramik für das wenigstens eine Befestigungselement (38) vorgesehen ist.

9. Halbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Gesamtfläche des wenigstens einen Montagebereichs (11', 11a', 41') wesentlich kleiner ist als die Innenfläche der von dem Kühlmedium durchströmten Mikrokühlerstruktur (14).

10. Halbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlmediumanschlüsse (17, 18) an einer von der Oberseite des Substrates unterschiedlichen Seite dieses Substrates vorgesehen sind.

11. Halbleitermodul nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlmediumanschlüsse (17, 18) an der Unterseite des Substrates (2, 2a, 2c) vorgesehen sind.

12. Halbleitermodul nach einem der vorherge-

henden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß elektrische Anschlüsse (8, 9, 10; 26, 26a) insbesondere zur Versorgung und/oder Steuerung des wenigstens einen Halbleiterbauelementes (7) von dem Gehäuseinnenraum (6) elektrisch isoliert durch das Mehrschichtsubstrat an die Unterseite (2'', 2a'') dieses Substrates reichen.

13. Halbleitermodul nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrischen Anschlüsse (8, 9, 10; 26, 26a) durch die Mikrokühlerstruktur nicht aufweisende Bereiche des Substrates hindurchgeführt sind.

14. Halbleitermodul nach Anspruch 12 oder 13, gekennzeichnet durch wenigstens einen Einsatz (23, 32) aus einem elektrisch isolierenden Material, vorzugsweise aus Keramik im Bereich der Durchführung des wenigstens einen elektrischen Anschlusses (8, 9, 10; 26, 26a).

15. Halbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an der Oberseite des Mehrschichtsubstrates (2, 2a, 2c) mehrere elektrisch voneinander getrennte Montagebereiche (11', 11a', 41) gebildet sind.

16. Halbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der wenigstens eine Montagebereich (11', 41') durch Strukturierung der die Oberseite (2', 2a', 2c') bildenden und auf einer Keramikschicht (12, 40) vorgesehenen Metallschicht (11, 41) erzeugt ist.

17. Halbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (3) aus Metall oder einem mit einer Metallisierung versehenen Kunststoff besteht.

18. Halbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (3) durch Direct-Bonden, durch Löten, Schweißen oder Kleben mit dem Mehrschichtsubstrat (2, 2a, 2c) verbunden ist.

19. Halbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der die Mikrokühlerstruktur bildende Bereich (14) aus mehreren flächig miteinander verbundenen Metallschichten (13, 15) besteht, und zwar aus zwei äußeren Metallschichten (13) sowie aus dazwischen liegenden inneren Metallschichten (15), die zur Bildung der Mikrokühlerstruktur mit einem sich ständig in wenigstens zwei senkrecht zueinander verlaufenden Achsrichtungen verzweigenden Strömungsweg für das Kühlmedium mit einer Vielzahl von Öffnungen und dazwischen liegenden Stegen strukturiert sind.

20. Halbleitermodul nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß beidseitig an die äußeren Me-

tallschichten (13) der Mikrokühlerstruktur sich jeweils wenigstens eine Keramikschicht (12) und an diese wenigstens eine weitere Metallschicht (11) anschließen.

21. Halbleitermodul nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß die weitere Metallschicht (11) an einer Seite des Substrates (2, 2a) dessen Oberseite (2', 2a') bildet.

22. Halbleitermodul nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß auf die weitere Metallschicht (11) eine zusätzliche Keramikschicht (40) und auf diese eine zusätzliche Metallschicht (41) folgen.

23. Halbleitermodul nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzliche Metallschicht (41) an einer Seite des Substrates dessen Oberseite (2c') bildet.

24. Halbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichten mittels der Direct-Bonding-Technik miteinander verbunden sind.

25. Halbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallschichten zumindest teilweise Schichten aus Kupfer, Aluminium oder Kupferwolfram sind.

26. Halbleitermodul nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die die Mikrokühlerstruktur bildenden Schichten (13, 15) solche aus Kupfer sind.

27. Halbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Keramik  $Al_2O_3$ , AlN, BeO, CBN,  $Si_3N_4$  oder SiC ist

28. Halbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die die Mikrokühlerstruktur (14) bildende Metallschichten (13, 15) eine Dicke in der Größenordnung von 200 bis 600 µm aufweisen.

29. Halbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die übrigen Metallschichten eine Dicke im Bereich zwischen 200 und 1000 µm aufweisen.

30. Halbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein elektrischer Anschluß (39) seitlich aus dem Substrat (2c) oder an der Oberseite des Substrates außerhalb des Gehäuses (3) vorgesehen ist.

31. Halbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei mehreren in dem Gehäuse (3) aufgenommenen



Bauelementen (7) diese elektrisch in Serie geschaltet sind.

32. Halbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem wenigstens einen Halbleiterbauelement (7) oder dessen Trag- und Anschlußplatte (19) und dem Montagebereich (11a') eine Peltier-Anordnung (25) mit wenigstens einem Peltier-Element vorgesehen ist.

33. Halbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch wenigstens ein Fenster (24) im Gehäuse (3) für einen Austritt der Laserstrahlung.

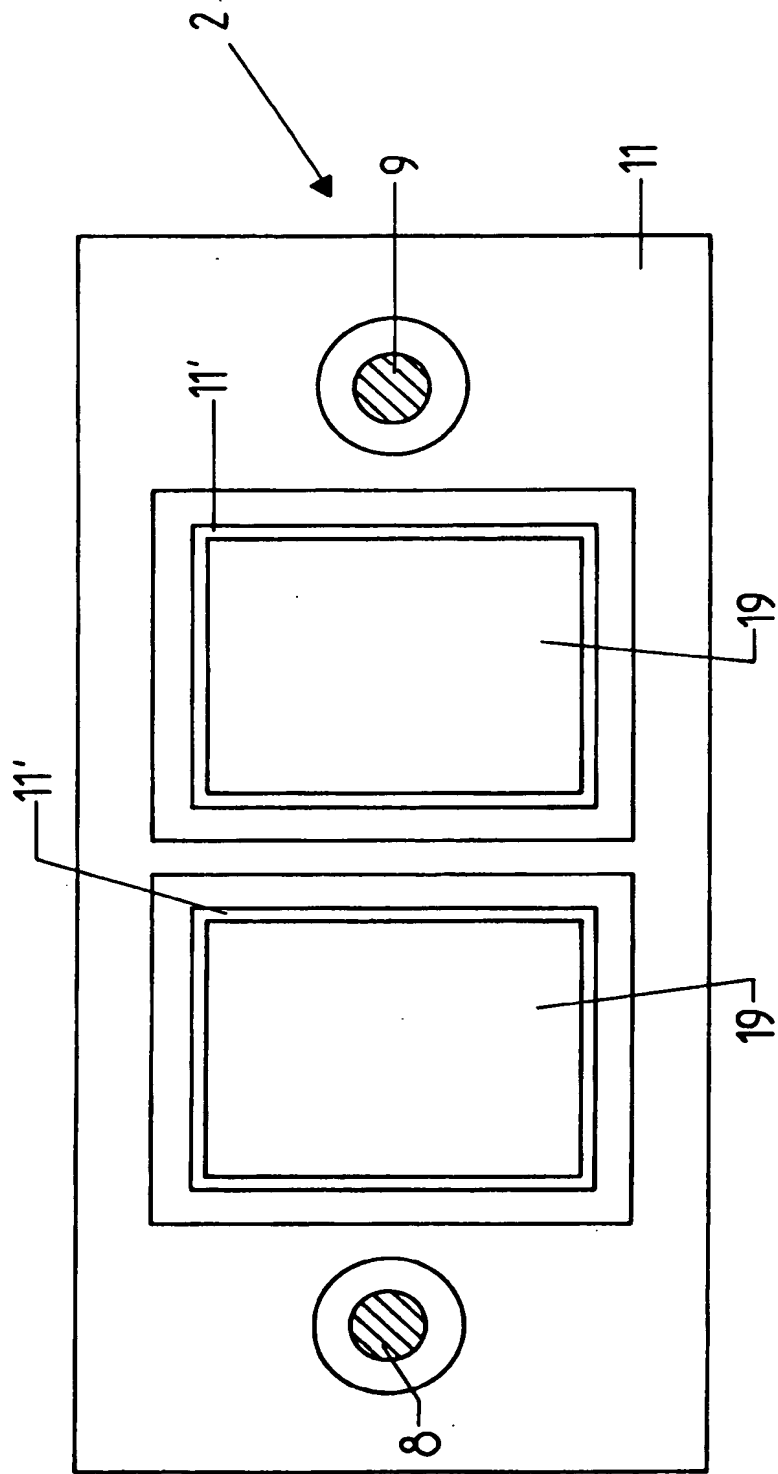
34. Halbleitermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Gehäuse (3) vorzugsweise in einer den Gehäuseinnenraum umgebenden Gehäuseumfangswand (5) wenigstens ein als elektrische Durchführung ausgebildeter Anschluß (43) vorgesehen ist.

35. Halbleitermodul nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß der Anschluß (43) unter Verwendung einer isolierenden Durchführung (44) vorzugsweise aus Glas durch das Gehäuse (3) bzw. dessen Gehäuseumfangswand (5) hindurchgeführt ist.

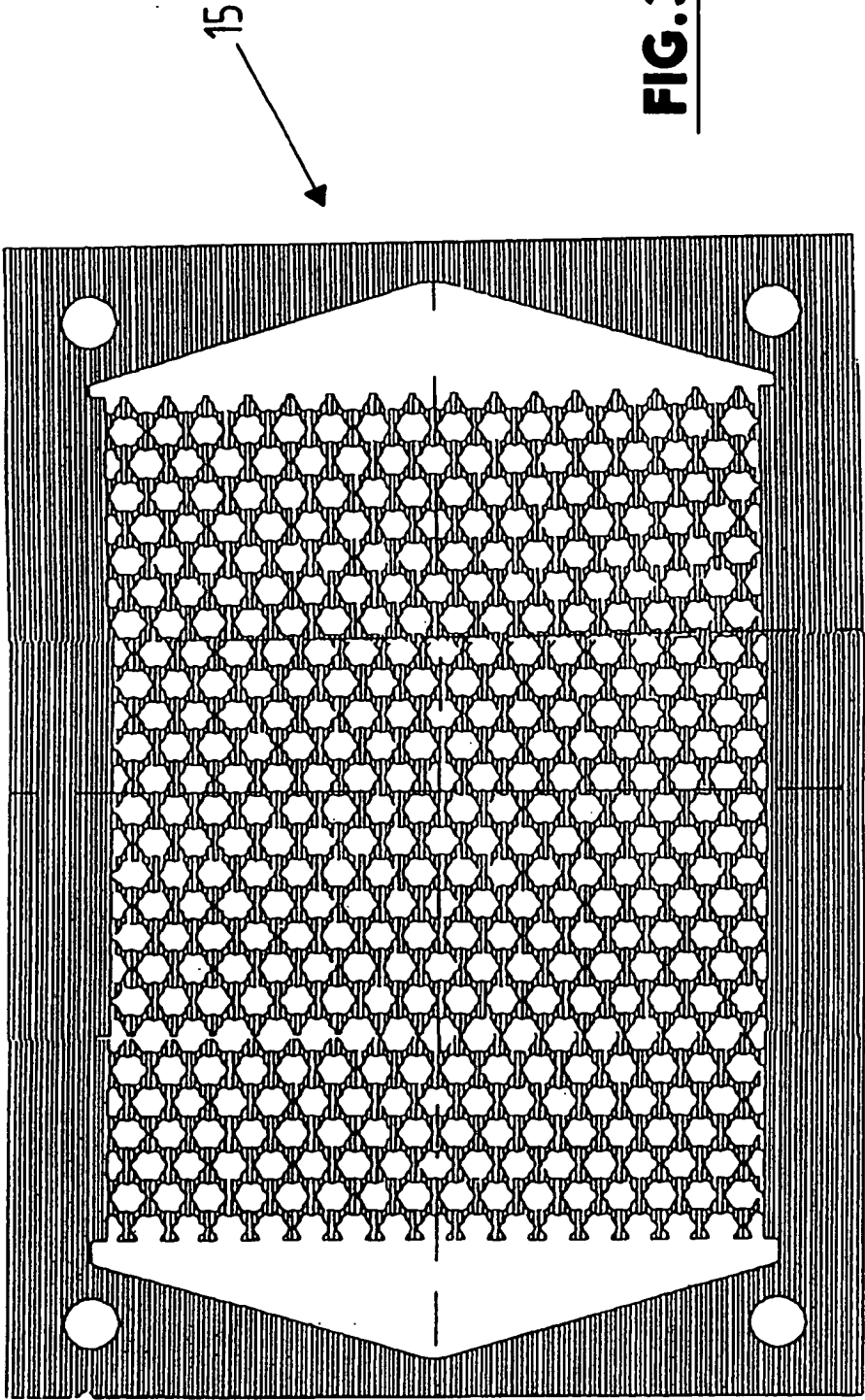
Es folgen 11 Blatt Zeichnungen



**FIG. 2**

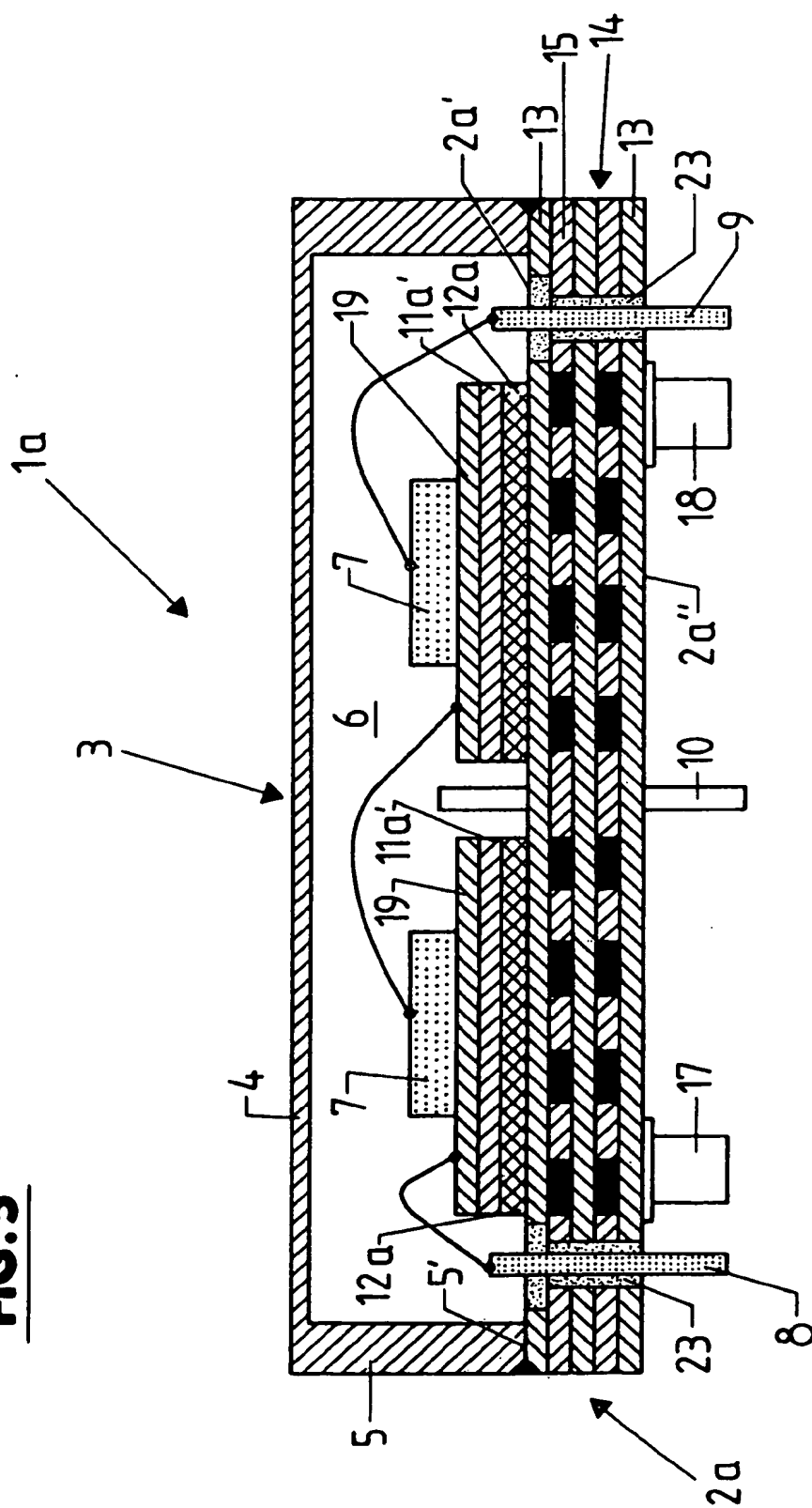


**FIG. 3**

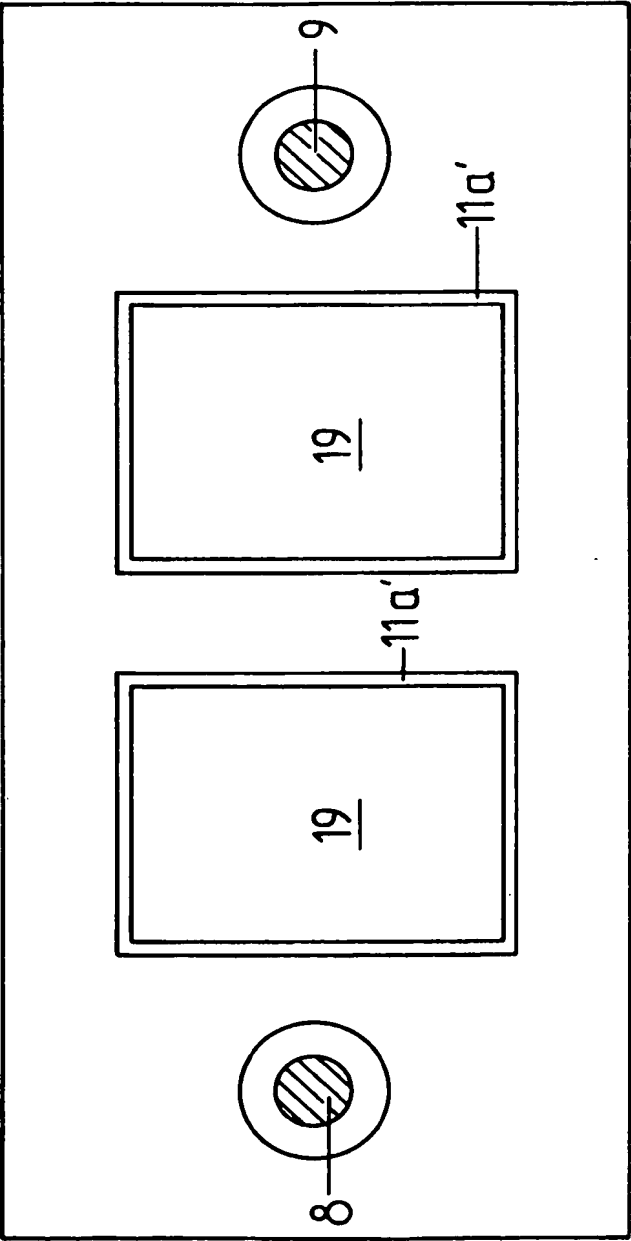




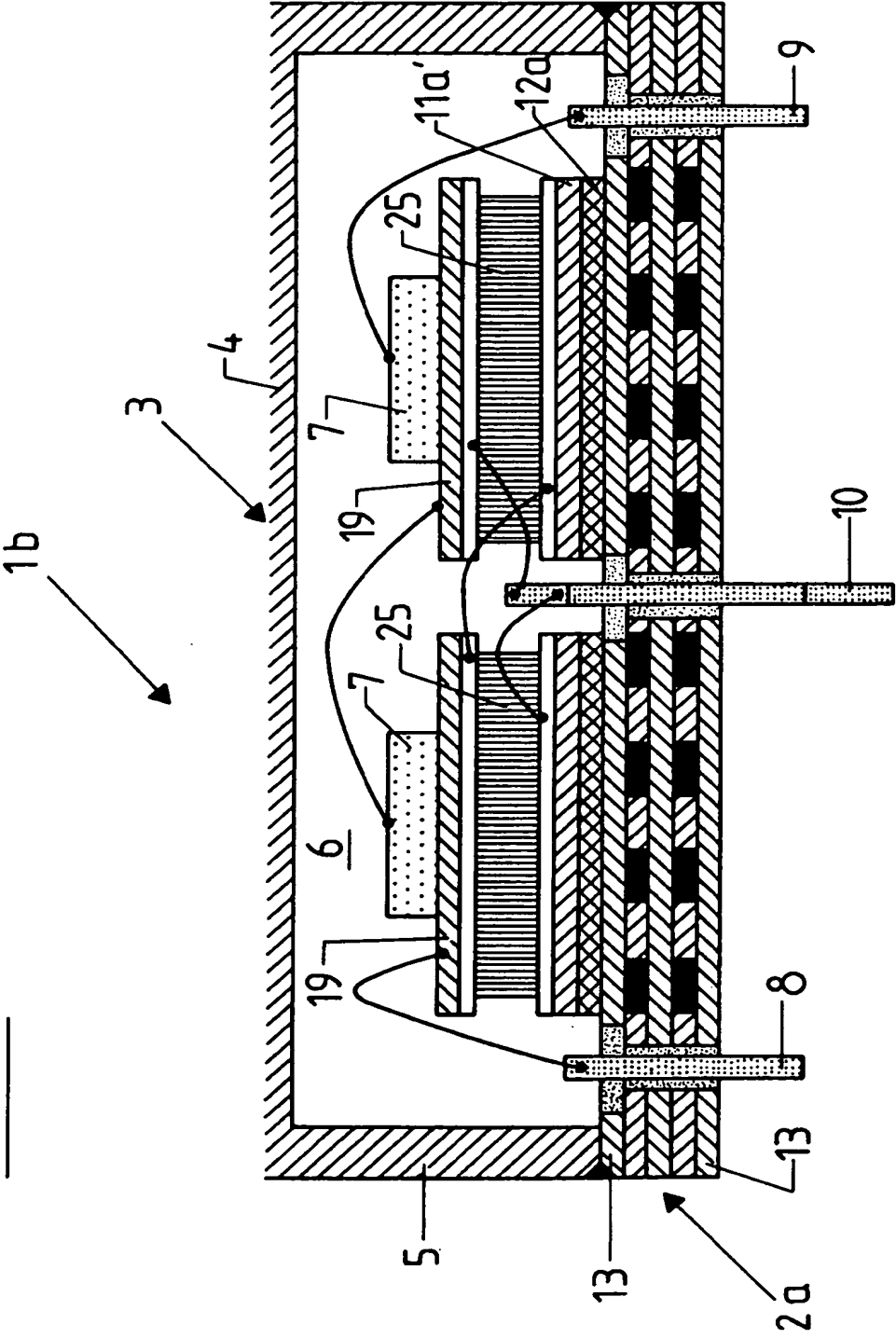
**FIG. 5**



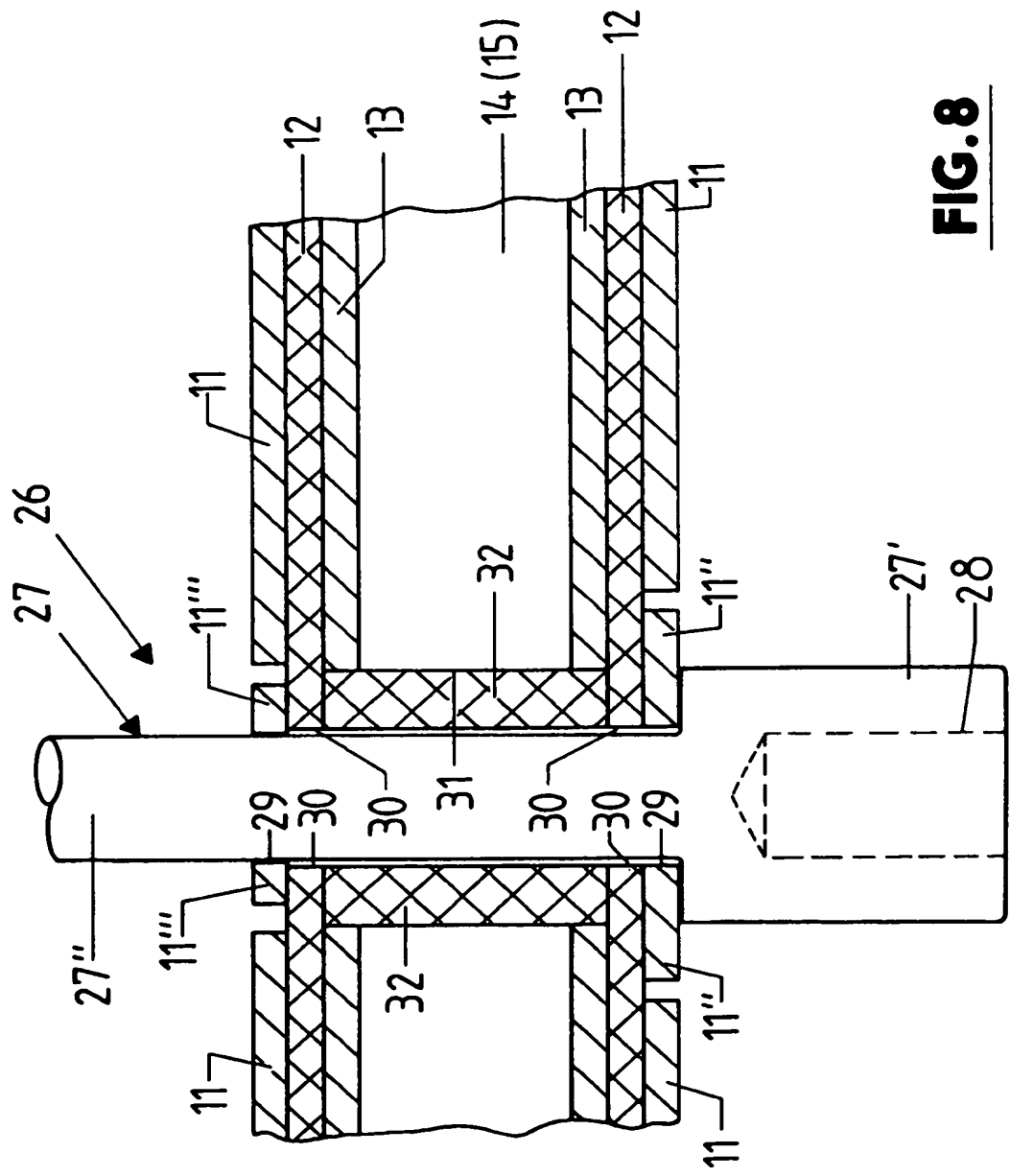
**FIG. 6**



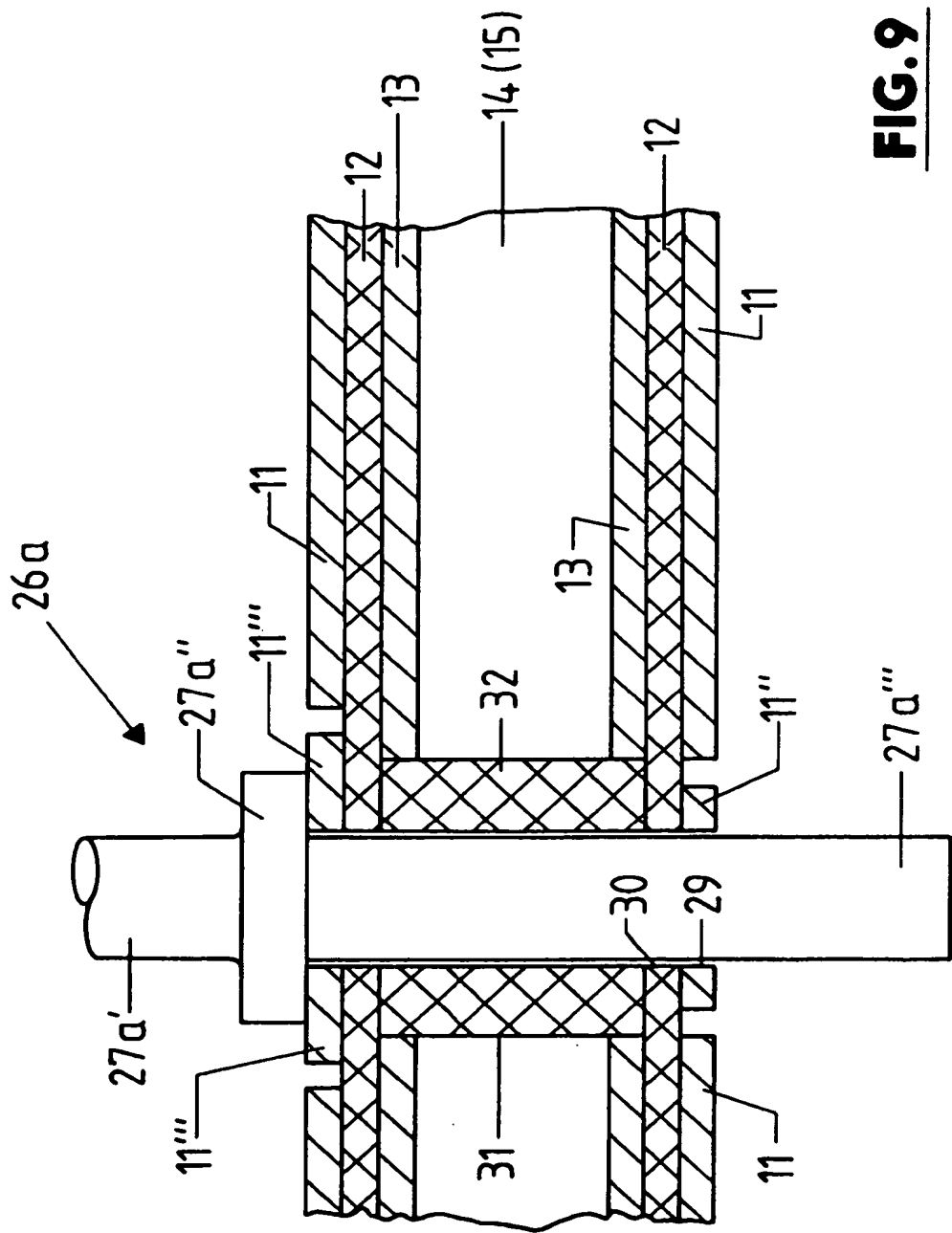
**FIG. 7**





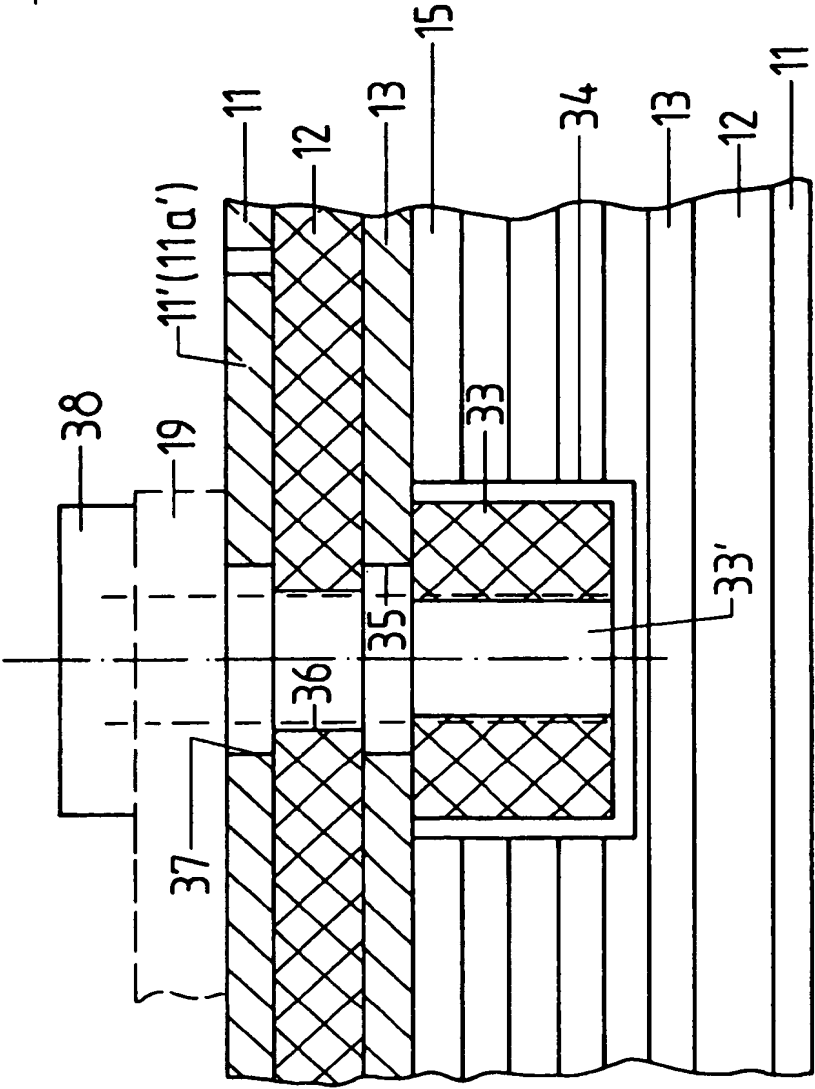


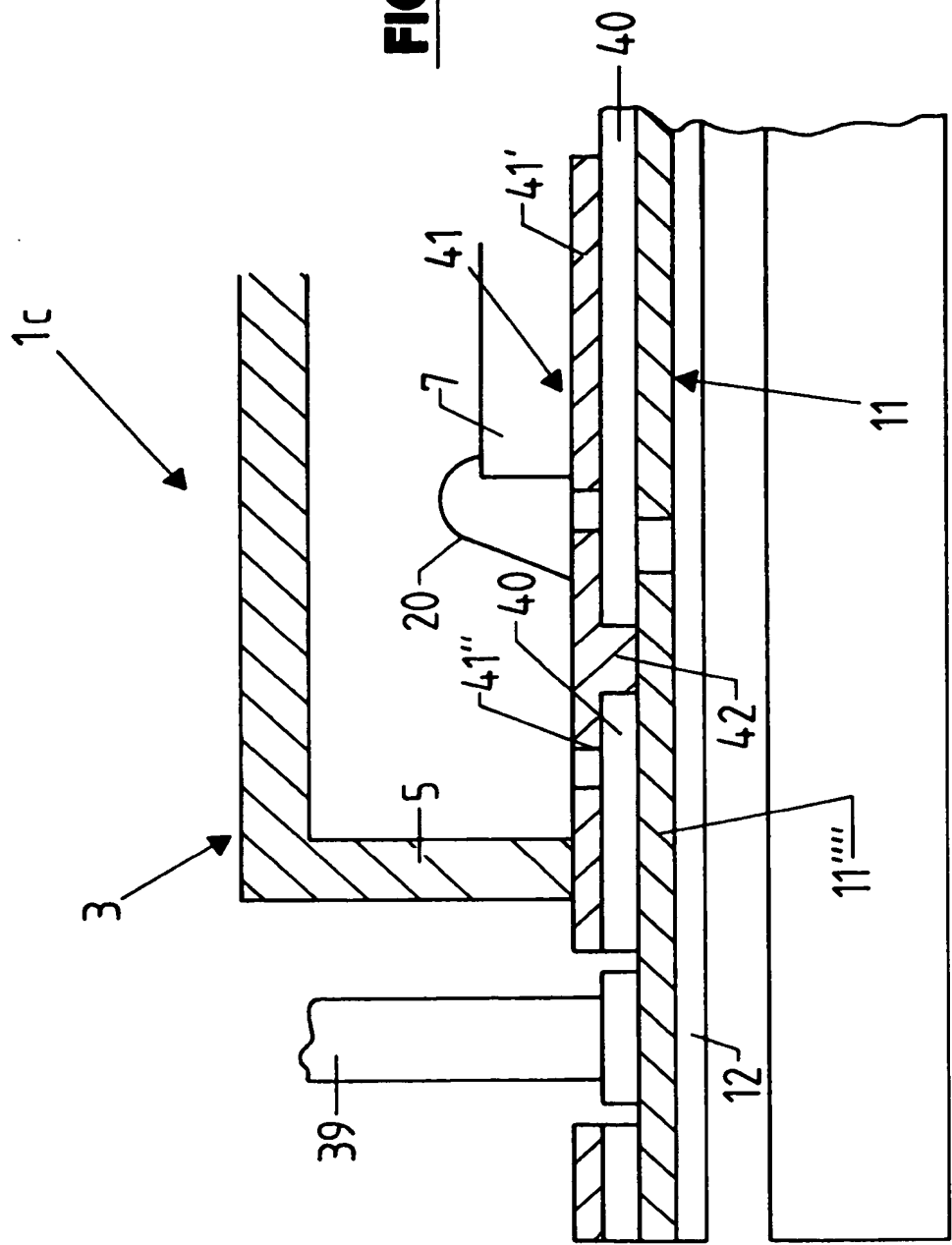
**FIG. 8**



**FIG. 9**

**FIG.10**





**FIG.11**